

Uređuje:  
Ana ŠVOB



# Čelična i aluminijska pakovanja

## Proizvodnja i uporaba čelika

Čelik, slitina željeza i ugljika s dodatcima drugih elemenata (kroma, nikla, molibdena, mangana, vanadija, volframa i dr.) danas je jedan od najproširenijih materijala koji se može naći svagdje: u građevinarstvu, prometu, strojarstvu, medicini, kućanstvu. I proizvodi koji ne sadrže čelik proizvedeni su na strojevima od čelika. Proizvodnja električne struje i obradba otpadnih voda također se temelje na opremi izrađenoj od čelika.

Sirovina za dobivanje čelika je željezna ruda koja je vrlo rasprostranjena u prirodi, pa je željezo po zastupljenosti četvrti element u Zemljinoj kori i deveti u svemiru; ima ga na Suncu i Mjesecu. Željezo se kao sastojak može naći u 400 minerala, ima ga u svim živim stanicama, pa sudjeluje u procesu disanja i u fotosintezi. I ostali su glavni sastojci za proizvodnju čelika – ugljen, vapnenac i čelični krš – rašireni, što je, uz relativno nisku cijenu proizvodnje omogućilo njegovu široku uporabu.

Ljudi su relativno kasno upoznali željezo, a ono je obilježilo čitavo jedno razdoblje prethistorije koje je nazvano Željeznim dobom (1. tisućljeće pr. Kr.). O njemu pišu stari Grci (slika 1) (povjesničar Hesiod, Homer u Ilijadi, Aristotel spominje meko i tvrdo željezo) i Rimljani, no oni su ga upoznali iz Azije. Kinezi su bili prvi koji su ga znali dobiti iz rudače.



SLIKA 1. Grčki kovač prikazan na antičkoj vazi<sup>1</sup>

Industrijska revolucija u 19. stoljeću, novi postupci dobivanja čelika iz rudače i parni stroj, otvorili su mu put u sva područja života.

Godišnja svjetska proizvodnja čelika iznosi oko 900 milijuna tona.<sup>2</sup> Međunarodni institut za željezo i čelik predviđa godišnji globalni rast potrošnje čelika (izuzev Kine) od 1,2 do 3 %, a u Kini od 10 do 15 %.<sup>3</sup> Početkom 20. stoljeća 80 % čelika proizvodile su SAD, Njemačka, Luksemburg i Velika Britanija. Do 1990. najveći je proizvođač čelika bio bivši SSSR, slijedili su Japan, SAD, Kina i Njemačka, a posljednjih godina 20. stoljeća porasla je dominacija novih industrijskih zemalja, kao što su Brazil i zemlje jugoistočne Azije. Širom svijeta ima danas oko 200 proizvođača čelika.<sup>4</sup> Početkom 21. stoljeća vodeći proizvođač čelika je Kina s više od 200 milijuna tona što je četvrtina svjetske proizvodnje.<sup>5</sup>

Čelik su u drugoj polovici 20. stoljeća u mnogim primjenama zamijenili aluminij i plastika. Dok su 1975. u vozilima čelični sastojci iznosili 75 % težine vozila, 1990. su iznosili samo 60 %, premda se težina vozila povećala.

## Ekološki aspekti proizvodnje čelika

Kopanje željezne rude ima, kao i svako kopanje rudā, velik utjecaj na okoliš, ali i na krajolik. Zanimljiv je pokušaj ruskih znanstvenika obnavljanja terena oko starih rudnika primjenom polimera, duromera, tzv. biorekulata. Vodena emulzija polimera rasprskava se na tlo, stvoreni film ga stabilizira, a budući da je porozan pa propušta zrak i vodu, omogućava disanje zemlje i rast vegetacije. Film je postojan na visokim i niskim temperaturama, a traje nekoliko godina prije nego se biorazgradi.<sup>6</sup>

Energija potrebna za proizvodnju čelika iznosi 32<sup>4</sup> do 36<sup>3</sup> GJ/t, što je relativno malo u usporedbi s proizvodnjom aluminija ili polietilena (146 GJ/t aluminija ili 90 GJ/t polietilena). No, za proizvodnju čelika od staroga materijala, čeličnog otpada (e. *scrap steel*) treba samo 18 GJ/t, a uporabom jedne tone toga otpada uštedi se 1,5 tona željezne

rudače i pola tone ugljena. Prema jednoj procjeni uporabom čelika postižu se znatne koristi za okoliš: troši se 74 % manje energije, 90 % manje novih sirovina i 40 % manje vode. Onečišćenje zraka manje je za 86 %, a vode za 76 %. Nastaje 97 % manje otpada pri kopanju rude i 105 % manje otpada kod potrošača.<sup>3</sup>

Čelik je jedan od najlakše oporabljivih materijala, jer se zbog svojstva magnetičnosti lako izdvaja iz miješanoga otpada i odvaja od drugih materijala. Neočišćeni čelik moguće je potpuno oporabiti, teorijski beskonačno puta. Ipak, tijekom vremena dolazi do promjene kemijskoga sastava a time i svojstava.

Čelični otpad potječe iz raznih izvora, primjerice u Australiji: 25 % potječe od vozila, otpatci u proizvodnji čine 14 %, na potrošačke artikle i odlagališta otpada 22 %. Ostalo čine industrijski strojevi (11 %), rušenje zgrada (18 %), limenke (5 %), tračnice (5 %).<sup>3</sup>

Nastajanje čeličnoga otpada ovisi o trajnosti predmeta i objekata načinjenih od čelika. Prosječni vijek trajanja zgrada je 20 do 60 godina, većine industrijskih i energetskih postrojenja 40 godina, teških industrijskih strojeva 30 godina, tračnica 25 godina, potrošačkih artikala 7 do 15 godina, vozila 5 do 15 godina, limenki manje od jedne godine.<sup>3</sup>

## Čelična pakovanja - limenke za piće, hranu i aerosole i njihova uporaba

U Europi ima u kućnome otpadu prosječno 8 % čelika. Glavninu čine pakovanja za koja se rabi neznatna količina čelika.<sup>4</sup> Taj je materijal prvi put uporabljen za izradbu pakovanja namijenjenih pakiranju hrane 1795. Tada je Napoleon Bonaparte, u želji da osigura hranu za svoju vojsku, ponudio nagradu od 12 000 franaka onome tko pronađe način čuvanja svježine hrane u duljem razdoblju. Rezultat akcije bilo je stavljanje hrane u čelični spremnik presvučen kositrom. Tako su rođene limenke za čuvanje hrane i napitaka. Hrana u limenkama pojavila se već 1830. u engleskim trgovinama (slika 2).



SLIKA 2. Limenke (Donkin, Hall & Gamble) s pečenim mesom, 1824.<sup>1</sup>

Limenke za aerosole upotrijebljene su prvi puta početkom 20. stoljeća u Norveškoj, no masovno se rabe nakon Drugoga svjetskog rata. Procjenjuje se da se godišnje proizvede 12 milijarda boca za aerosol. U njima se kao raspršivači više ne rabe klorfluorugljikovodici koji pridonose nestanku ozonskoga sloja već manje štetni spojevi.

Tehnički razvoj je omogućio izradbu sve tanjih i čvršćih ploča od kojih se izrađuju limenke. One su danas 30 % lakše nego prije 25 godina, a debljina stijenke im je smanje-

na od 0,20 na 0,14 mm, čime je uštedeno na sirovinama, ali i na gorivu za transport. Neke limenke sadrže tanki sloj kositra (0,004 mikrometra) koji se mora izdvojiti iz čeličnoga otpada ako se želi proizvesti čelik visokoga stupnja kakvoće, dok za druge uporabe oporabljenoga materijala kositar ne smeta. Udjel kositra je samo 0,25 do 0,36 % u težini limenke, no njegova visoka cijena opravdava izdvajanje i ponovnu uporabu. Limenke sadrže sve veće udjele oporabljenoga čelika i 100 % su oporabljive.

Oporaba čeličnih pakovanja u svijetu stalno raste: u SAD-u se 2000. oporabilo gotovo 60 %, u Australiji 42 %, Južnoj Africi 63,5 %, Koreji 53,1 %, Brazilu 40 %, a u Europskoj uniji 2001. prosječno 55 % (slika 3), tj. oko 1,9 milijuna tona. U uporabi prednjači Belgija s 88 %, na začelju su Portugal i Finska s 28 odnosno 25 %.<sup>3</sup>

Ne raspolaže se podacima o iznosu uporabe te ambalaže u našoj zemlji, ali limenke se sakupljaju u nekim gradovima (zajedno čelične i aluminijske) i predaju ovlaštenim tvrtkama na oporabu. Udjel metala u komunalnom otpadu u našoj zemlji iznosi oko 3 %, no u glomaznom otpadu mu je maseni udjel veći od 30 %.<sup>7</sup>

Japansko udruženje za oporabu čeličnih pakovanja izvijestilo je da je 2000. postignuta kvota od čak 84,2 % oporabljenih limenki; od približno 1,22 milijuna tona čelika upotrijebljenih za tu ambalažu oporabljeno je 1,03 milijuna tona. Ostalih 16 % (0,14 milijuna tona) je odloženo kao otpad ili upotrijebljeno za neku drugu svrhu.<sup>8</sup>

Limenke za oporabu mogu se sakupljati zajedno s kućnim otpadom, odvojeno u posebnim spremnicima, vraćanjem u trgovine ili ekstrakcijom iz pepela spalionica otpada, što nije prikladno za izravnu uporabu u čeličanim. Automatsko razvrstavanje čeličnoga materijala provodi se magnetskim, elektromagnetskim ili elektrostatskim odvajanjem.

## Oporaba čelika iz vozila

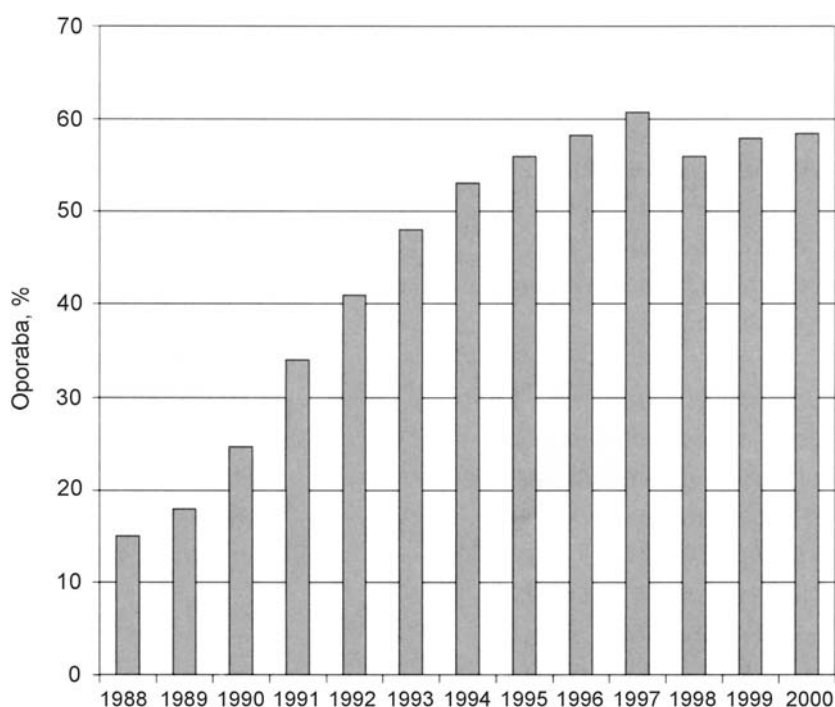
Stara vozila na kraju životnoga vijeka (ELV, e. *end-of-life vehicle*) vrijedan su i važan izvor čeličnoga otpada jer sadrže više od 60 % čelika. U Zapadnoj Europi svake godine oko 15 milijuna osobnih i laganih komercijalnih vozila stigne do kraja uporabe i svoga životnoga vijeka (ELV-a). Proširenjem Europske unije bit će sve manje zemalja kamo će se takva vozila moći izvoziti. Sada se godišnje u Europi izreže više od 10 milijuna vozila, što znači 9 milijuna tona materijala od kojega je više od šest milijuna tona čelik. Vozila treba najprije pažljivo rastaviti, odvojiti sve tekućine i zatim ih izrezati. [O toj temi je pisano u tekstu *Automobili i okoliš*, Polimeri (1999)5-6.] U sljedećih deset godina izgradit će se u Zapadnoj Europi više od 1 500 pogona za rastavljanje vozila.<sup>9</sup>

Jedan od načina izdvajanja čelika za oporabu je njegovo štrcanje s ukapljenim dušikom (-196 °C), čime čelik postaje krhak i kad se izreže lakše se odvaja od nečeličnih materijala. Rezači mogu izrezati jedno vozilo u minuti.

Većina metala iz automobila se oporabljuje, no manje je uspješna oporaba plastičnih dijelova na čemu se intenzivno radi, jer će se u EU od 2006. najmanje 80 % dijelova staroga vozila morati oporabiti, pa će se morati oporabljivati i ostali, a ne samo metalni dijelovi.

Nissan Motor Co. u Japanu je patentirao, a sredinom 2004. počeo će oporabljivati i ostatak od rezanja automobila (ASR, e. *automotive shredder residue*) koji se uglavnom sastoji od plastike i gume, a dosad se najčešće pohranjivao na odlagalištima otpada.<sup>10</sup>

Pri iskorištavanju vozila kojima je istekao vijek uporabe, još je jedna skupina metala pogodna za oporabu. Radi se o izdvajanju platinaste skupine metala (PSM) iz automobilskih katalizatora, ali i drugoga industrijskog otpada. Glavnu ulogu u tome imaju bakterije koje proces pridobivanja PSM-a ubrzavaju za 50 %, kako su ustanovili istraživači Sveučilišta u Birminghamu u suradnji s industrijom. Automobilske katalizatori traju oko 80 000 km, a onda se bacaju ili spaljuju, jer su te male količine PSM-a teško ekonomski pridobive konvencionalnim metodama. Ključ novoga postupka je elektrokemijska ćelija, elektrobioreaktor, koji sadrži šuplju



SLIKA 3. Oporaba čeličnih pakovanja u Europi<sup>3</sup>

olovku čija je vanjska strana nosač bakterija. Olovka se uroni u kontinuirani tijek otpada, metal se taloži na stijenku čelije bakterija i kad se nakupi pada na dno posude odakle se vadi. Tako dobiven paladij je čišći od kemijski dobivenoga pa može obrađivati i poliklorirane bifenile, što kemijski pripravljen paladij ne može.<sup>11</sup>

## Aluminijska pakovanja<sup>12</sup>

Aluminij je treći element po zastupljenosti na Zemlji (prva dva su kisik i silicij) i najrasprostranjeniji metalni element, koji čini oko 8 masenih postotaka Zemljine kore. Glavna sirovina za proizvodnju aluminija je boksit, čije bi pričuve od 22 milijarde tona (podatci Tehničkoga muzeja u Münchenu) trebale dostajati još nekih 200 godina.

Za jednu tonu aluminija treba iskopati četiri tone boksita (nastaje mnogo čvrstoga otpada) i potrošiti 146 GJ energije, no prije pedesetak godina trebalo je 30 % više energije. Sniženje utroška energije je posljedica povećanja djelotvornosti u industriji.

Zbog male težine i drugih povoljnih svojstava (dobar vodič elektriciteta, postojan na koroziju) proširena je primjena aluminija u gradnji brodova, zrakoplova i automobila, u građevinarstvu, elektroindustriji i kućanstvu. Valja spomenuti da se aluminijev sulfat rabi kao koagulant u obradbi voda jer skuplja nečistoće suspendirane u vodi.

Aluminijski otpad stvoren u industrijskoj proizvodnji uvijek se oporabljuje zbog visoke vrijednosti toga metala u otpadu. U kućnome otpadu ima relativno malo aluminija: manje od 1 % u otpadu i 2 % u otpadu odvojenom za uporabu u kojem čini 50 % vrijednosti. Gotovo sav aluminijski otpad potječe od limenki, neznatan dio od folija, poklopaca nekih pakovanja hrane i ambalaže brze hrane. Vrlo tanak sloj aluminija (oko 5 m) umeće se između drugih materijala, primjerice papira i plastike, gdje tvori vrlo djelotvornu membranu. To su tzv. laminirana pakovanja za kavu, trajno mlijeko, sokove i druge namirnice.

Godine 1997. prodano je u Europi više od 15 milijarda aluminijskih limenki pića, što je oko 50 % od ukupno prodanih limenki. Prve aluminijske limenke za piće u SAD-u 1935. težile su gotovo 100 grama (danas su skoro šest puta lakše), no bile su nekoliko puta lakše od čeličnih limenki koje su zamijenile. Pritom je glavna ušteda energije bila u energiji za distribuciju napitaka. U međuvremenu su i čelične limenke postale laganije, no još uvijek čelična limenka od 330 ml teži oko 30 grama, a aluminijska 14 grama ili manje.<sup>13</sup>

Prsten za otvaranje limenki je američki pronalazak iz šezdesetih godina 20. stoljeća. Izrađen je od aluminija kao i cijeli gornji dio limenke na kojem se nalazi, pa i na čeličnim limenkama.

TABLICA 1. Potrošnja i uporaba aluminijskih limenki u Zapadnoj Europi (1997)

Država	Potrošnja Al-limenki 10 <sup>6</sup> komada	Oporaba %
Austrija	315	50
Belgija	150	25
Danska	-	-
Finska	90	82
Francuska	665	17
Njemačka	630	86
Grčka	890	35
Irska	220	20
Italija	1 490	41
Nizozemska	170	30
Norveška + Island	40	80
Portugal	220	17
Španjolska	1 470	20
Švedska	870	91
Švicarska	110	88
Turska	880	45
Velika Britanija	4 370	34
<b>Ukupno</b>	<b>12 580</b>	<b>40</b>

Oporaba Al-limenki je vrlo isplativa zbog velike količine energije potrebne za novi materijal. Uporabom oporabljenih limenki za proizvodnju novih može se načiniti do 20 puta više limenki s istom količinom energije. Stoga ta uporaba sve više raste (tablica 1). U Americi se 1996. oporabom Al-limenki uštedjelo više od 18 milijuna barela nafte. U Brazilu je 1997. oporabljeno čak 64 % aluminijskih limenki. Brazilsko neprofitno udruženje za uporabu *Cempre* izvijestilo je da je sakupljeno 61 700 tona aluminija (4,1 milijarda limenki), odnosno 50 % više nego godinu prije. No, zanimljiv je podatak Brazilskega aluminijskog udruženja da više od 100 000 ljudi živi isključivo od sakupljanja limenki za uporabu i mjesečno zarađuju oko 330 USD.<sup>14</sup>

Radi li se u sljedećim slučajevima o ekonomiji, ekologiji, politici (ili svemu pomalo), neka čitatelji zaključite sami.

Danska je kasnih sedamdesetih zabranila prodaju piva u aluminijskim limenkama zbog ekoloških razloga, no mnogi su smatrali da su pravi razlozi zaštita domaće industrije. U isto vrijeme nastavili su izvoziti pivo u limenkama, što je naišlo na oštru osudu. Europska je komisija tražila opoziv zabrane, no danska je Agencija za zaštitu okoliša objavila procjenu životnoga ciklusa (LCA) aluminijskih limenki i boca te obranila postojeću odluku.

Njemačka tvrtka Aluminium Rheifelden objavila je početkom 2003. da će privremeno zatvoriti pogon kapaciteta 20 000 t/god. za uporabu aluminija iz limenki za piće, ribljih konzervi, konzervi hrane za kućne ljubimce, poklopaca boca i drugog Al-otpada. Zbog uvođenja depozita na pića u aluminijskim limenkama od početka 2003. smanjen je priliv toga otpada, nema dovoljno sirovine za 24-satni rad pa se od 330 radnika njih 40 otpušta.<sup>15</sup>

## LITERATURA

- De Bono, E.: *Heureka! Kako su i kada nastali najvažniji izumi*, Mladost, Zagreb, 1978.
- N. N.: *2002 World Steel Production Breaks Previous Records*, [http://www.steelnews.com/features/production\\_stats.htm](http://www.steelnews.com/features/production_stats.htm), 21. 8. 2003.
- Information Sheet. Steel*, Warmer Bull., (2003)88.
- Information Sheet: Steel Making & Recycling*, Warmer Bull., (1998)61.
- N. N.: *IISI Reports July Crude Steel Production Figures*, [http://www.steelnews.com/features/production\\_stats.htm](http://www.steelnews.com/features/production_stats.htm), 18. 11. 2003.
- N. N.: *Polymer promotes green shoots on old mine sites*, Material World, (2002)8, 17.
- Milanović, Z. et al.: *Otpad nije smeće*, Zagreb, Gospodarstvo i okoliš, 2002.
- Warmer Bull. (2001)80, 13.
- Warmer Bull. (2003)88, 8.
- Warmer Bull. Enews, 4. 7. 2003.
- Warmer Bull. Enews, 16. 8. 2003.
- Information Sheet: Aluminium Making & Recycling*, Warmer Bull., (1999)64.
- Warmer Bull., (1999)69, 15.
- Warmer Bull., (1999)65, 11.
- Warmer Bull. Enews, 28. 2. 2003.